

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANTS : Jeong-Sik CHO et al.
SERIAL NO. : Not Yet Assigned
FILED : August 5, 2003
FOR : WIDE-BAND DISPERSION CONTROLLED OPTICAL FIBER

PETITION FOR GRANT OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

MAIL STOP PATENT APPLICATION
COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
ALEXANDRIA, VA. 22313-1450

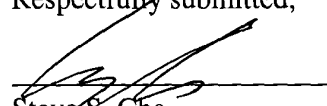
Dear Sir:

Applicant hereby petitions for grant of priority of the present Application on the basis of the following prior filed foreign Application:

<u>COUNTRY</u>	<u>SERIAL NO.</u>	<u>FILING DATE</u>
Republic of Korea	2003-3770	January 20, 2003

To perfect Applicant's claim to priority, a certified copy of the above listed prior filed Application is enclosed. Acknowledgment of Applicant's perfection of claim to priority is accordingly requested.

Respectfully submitted,


Steve S. Cha
Attorney for Applicant
Registration No. 44,069

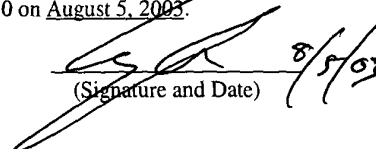
CHA & REITER
411 Hackensack Ave, 9th floor
Hackensack, NJ 07601
(201)518-5518

Date: August 5, 2003

Certificate of Mailing Under 37 CFR 1.8

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to MAIL STOP PATENT APPLICATION, COMMISSIONER FOR PATENTS, P. O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA. 22313-1450 on August 5, 2003.

Steve S. Cha, Reg. No. 44,069
Name of Registered Rep.)


(Signature and Date)

8/5/03



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출 원 번 호 : 10-2003-0003770
Application Number

출 원 년 월 일 : 2003년 01월 20일
Date of Application JAN 20, 2003

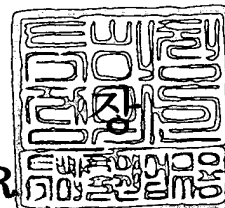
출 원 인 : 삼성전자주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003 년 03 월 06 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2003.01.20
【국제특허분류】	G02B
【발명의 명칭】	광대역 분산 제어 광섬유
【발명의 영문명칭】	WIDE-BAND DISPERSION CONTROLLED OPTICAL FIBER
【출원인】	
【명칭】	삼성전자주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이건주
【대리인코드】	9-1998-000339-8
【포괄위임등록번호】	2003-001449-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	장윤근
【성명의 영문표기】	JANG, Yun Geun
【주민등록번호】	720414-1018712
【우편번호】	730-772
【주소】	경상북도 구미시 옥계동 부영아파트 2차 711호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	도문현
【성명의 영문표기】	DO, Mun Hyun
【주민등록번호】	650105-1455215
【우편번호】	718-831
【주소】	경상북도 칠곡군 석적면 남울리 710번지 우방 신천지타운 113동 1302 호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	곽기문
【성명의 영문표기】	KWAK, Ki Moon

【주민등록번호】	650424-1120018
【우편번호】	718-843
【주소】	경상북도 칠곡군 북삼면 인평8리 화진금봉타운 101동 140호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	양진성
【성명의 영문표기】	YANG, Jin Seong
【주민등록번호】	660314-1055521
【우편번호】	730-751
【주소】	경상북도 구미시 공단1동 삼성전자아파트 3동 201호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	차상호
【성명의 영문표기】	CHA, Sang Ho
【주민등록번호】	700204-1094516
【우편번호】	730-772
【주소】	경상북도 구미시 옥계동 부영아파트 2차 711호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	한주창
【성명의 영문표기】	HAN, Ju Chang
【주민등록번호】	740526-1235120
【우편번호】	730-772
【주소】	경상북도 구미시 옥계동 부영아파트 2차 711호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	조정식
【성명의 영문표기】	CHO, Jeong Sik
【주민등록번호】	740327-1624119
【우편번호】	305-755
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 137동 401호
【국적】	KR
【심사청구】	청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
이건주 (인)

【수수료】

【기본출원료】	20 면	29,000 원
【가산출원료】	6 면	6,000 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	12 항	493,000 원
【합계】	528,000 원	

【요약서】

【요약】

광대역 분산 제어 광섬유에 있어서, 직경이 d_1 , 굴절율이 n_1 인 내부 코어; 상기 내부 코어를 둘러싸고, 직경이 d_2 이며, 굴절율 n_2 가 상기 분산 제어 광섬유의 중심으로부터 멀어질수록 상기 내부 코어의 굴절율 n_1 으로부터 점차 감소하는 외부 코어; 상기 외부 코어를 둘러싸고, 직경이 d_3 , 굴절율이 n_3 인 내부 클래드; 및 상기 내부 클래드를 둘러싸고, 굴절율이 n_4 인 외부 클래드를 구비하고; 상기 직경들은 $0 \leq d_1/d_2 \leq 0.8$, $0.1 \leq d_2/d_3 \leq 0.5$ 인 관계를 만족함과 동시에, 상기 굴절율들은 $n_1 > n_2 \geq n_3 \geq n_4$, $0.0034 \leq (n_1 - n_4)/n_1 \leq 0.007$, $0 \leq (n_2 - n_4)/n_2 \leq 0.0048$, $0 \leq (n_3 - n_4)/n_3 \leq 0.0014$ 인 관계를 만족하는 광대역 분산 제어 광섬유를 개시한다. 상기와 같은 광대역 분산 제어 광섬유는 영분산 파장의 위치를 제어하여 파장분할 다중화 방식의 통신망에서 다양한 파장대역의 광신호를 이용할 수 있게 되었으며, 분산기울기와 구부림 손실을 제어함으로써 장거리 전송이 가능하게 되었다. 또한, O-밴드 파장대역에서는 음의 분산값으로, C-밴드와 L-밴드 파장대역에서는 편차가 작은 양의 분산값으로 각각 제어함으로써, 한 종류의 광섬유로 중, 단거리 전송뿐만 아니라, 장거리 전송까지 가능한 장점이 있다.

【대표도】

도 2

【색인어】

광섬유, 분산, 광대역, 굴절율

【명세서】

【발명의 명칭】

광대역 분산 제어 광섬유 {WIDE-BAND DISPERSION CONTROLLED OPTICAL FIBER}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래의 실시 예에 따른 광섬유들의 분산 특성을 나타내는 그래프,

도 2는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 광대역 분산 제어 광섬유와 그의 굴절
율 분포를 나타내는 그래프,

도 3은 음의 분산 특성과 전송거리 사이의 관계를 나타내는 그래프,

도 4는 라만 이득 곡선을 나타내는 그래프,

도 5는 도 2에 도시된 분산 제어 광섬유의 영분산 파장, 분산 기울기 사이와 1625
nm 분산의 관계를 나타내는 그래프,

도 6은 도 2에 도시된 분산 제어 광섬유의 라만이득 효율을 나타내는 그래프,

도 7은 도 2에 도시된 분산 제어 광섬유의 구부림 손실을 나타내는 그래프,

도 8은 도 2에 도시된 분산 제어 광섬유의 파장에 따른 광손실을 나타내는 그래프.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <9> 본 발명은 광섬유에 관한 것으로서, 특히 폭넓은 파장대역의 광신호를 이용하면서, 동시에 중, 장거리 전송에 이용될 수 있는 광대역 분산 제어 광섬유에 관한 것이다.
- <10> 통상적으로 대용량의 정보를 전송하는 파장분할 다중화(WDM : Wavelength Division Multiplexing) 방식의 광통신망에서는 서로 다른 N개의 파장을 갖는 광신호를 다중화시켜 한 가닥의 광섬유를 통해 동시에 전송한다. 광섬유를 통해 전송되는 광신호는 전송 특성이 양호한 1530nm ~ 1565nm 파장대역의 C-밴드와 1570nm ~ 1605nm 파장대역의 L-밴드가 주로 이용된다. 한편, 파장분할 다중화 방식의 광통신망에서 광대역/대용량 전송을 위해 1285nm ~ 1330nm 파장대역의 O-밴드와 1460nm ~ 1530nm 파장대역의 S-밴드 광신호를 이용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다.
- <11> 도 1은 종래의 실시 예에 따른 광섬유들의 분산 특성을 나타내는 그래프이다. 도 1에 도시된 그래프는 단일모드 광섬유의 분산 특성을 나타내는 제1 곡선(11), 양분산 광섬유의 분산 특성을 각각 나타내는 제2, 제3 곡선(13, 15), 음분산 광섬유의 분산 특성을 나타내는 제4 곡선(17)이 도시된다. 상기 제2, 제3 곡선(13, 15)은 1550nm 파장에서 분산값이 양의 값에 해당하는 광섬유이고, 상기 제4 곡선(17)은 1550nm 파장에서 분산값이 음의 값에 해당하는 광섬유이다.
- <12> 상기 제1 곡선(11)이 나타내는 분산 특성을 살펴보면, C-밴드 파장대역에서 14 ~ 19ps/nm/km 의 분산값을 나타내고 있으며, L-밴드 파장대역에서는 C-밴드 파장대역에서

보다 더 큰 분산값을 나타내고 있다. 따라서, 파장분할 다중화 통신 방식에서 상기 제1 곡선(11)의 분산 특성을 나타내는 단일모드 광섬유를 광대역/대용량의 통신망에 이용하기 위해서는 분산보상기가 필수적으로 요구된다.

<13> 한편, 상기 제1 곡선(11)에서 영분산 파장이 0-밴드 파장대역에 위치하게 되는데, 이는 0-밴드 파장대역의 광신호 송수신시 사광파 혼합(FWM; four wave mixing)에 의해 신호품질을 저하시키는 문제점이 있다. 사광파 혼합이란, 광신호 전송시 발생하는 비선형 현상의 한 예로써, 서로 다른 파장의 광신호가 상호 작용에 의해 새로운 파장의 광신호가 생성되어 광신호를 왜곡시키는 것이다. 이러한 사광파 혼합은 광신호의 위상이 일치되는 영분산 파장에서 발생한다.

<14> 또한, 상기 제1 곡선(11)의 분산 특성을 가진 단일모드 광섬유는 분산값이 크기 때문에, 파장분할 다중화 방식에서는 분산 보상 비용을 증가시키게 된다. 따라서, 파장분할 다중화 통신망에서 단일모드 광섬유로 광대역 통신망을 구성하는 것은 비효율적이며, 이러한 이유로 단일모드 광섬유를 통한 광대역/대용량 전송을 위해서는 시분할 다중화 통신망에 주로 이용된다.

<15> 그러나, 시분할 다중화 통신 방식에 비해, 파장분할 다중화 통신 방식은 적은 비용으로도 전송 용량이 현저하게 증가하는 이점때문에 광통신망에서 파장분할 다중화 방식에 대한 발전이 지속적으로 진행되고 있다.

<16> 상기 제2, 제3 곡선(13, 15)은 상기 제1 곡선(11)에 비해 분산값이 낮게 분포하므로, C-밴드 및 L-밴드 파장대역의 광대역/대용량 통신망 구성시 분산 보상이 상대적으로 적게 요구되어 비용이 절감되는 장점이 있다. 상기 제2 곡선(13)은 유효 단면적을 확대

한 대유효면적 광섬유의 분산 특성을 나타내고, 상기 제3 곡선(15)은 분산기울기를 낮춘 기울기 감소 광섬유이다.

<17> 상기 제2 곡선(13)에 나타난 바와 같이, 대유효면적 광섬유는 광섬유의 유효 단면적을 확장하여 일정 정도 이상의 분산값을 확보함으로써, 사광파 혼합과 같은 비선형 현상을 방지할 수 있는 특성을 가진다. 그러나, 대유효면적 광섬유는 L-밴드 파장대역에서 비교적 큰 분산값을 가지기 때문에 분산 보상이 필수적으로 요구된다. 또한, 유효단면적이 커지면 라만 증폭 효율이 저하되는 문제점이 있다.

<18> 상기 제3 곡선(15)과 같은 분산 특성을 가지는 기울기 감소 광섬유는 분산기울기를 낮추어 C-밴드와 L-밴드 두 파장대역 사이에서 분산값 차이를 줄여준 광섬유이다. 따라서, 상기 기울기 감소 광섬유는 광대역/대용량 통신망에서 C-밴드와 L-밴드 사이의 분산값이 가지는 상대적 차이를 감소시켜준다.

<19> 그러나, 상기 제2, 제3 곡선에 나타난 바와 같이, 양분산 광섬유의 영분산 파장은 1460nm ~ 1500nm 파장대역에 위치하기 때문에, 장거리 전송시 이용되는 라만 증폭을 이용이 불가능하다. 라만 증폭 방식의 특성상 광신호 증폭을 위하여 증폭시키고자 하는 광신호보다 파장이 약 100nm 더 낮은 파장의 펌핑광을 이용하게 되며, L-밴드 파장대역의 광신호 증폭을 위해서 1470nm ~ 1505nm 파장대역의 펌핑광을 이용하게 된다. 즉, 라만 증폭 방식에서 L-밴드 광신호 증폭을 위한 펌핑광의 파장은 양분산 광섬유의 영분산 파장이 위치하는 파장대역 내에 있는 것이다. 이는 사광파 혼합과 같은 비선형 현상을 유발하기 때문에 광대역/대용량 통신망에서 상기와 같은 양분산 광섬유를 이용하는 것은 비효율적인 것이다. 또한, 양분산 광섬유의 영분산 파장은 1460nm ~ 1530nm 파장대역의

S-밴드 내에 위치하여 사광파 혼합과 같은 비선형 현상을 유발하기 때문에 S-밴드 파장 대역은 이용할 수 없다는 문제점이 있다.

<20> 상기 제4 곡선(17)과 같은 분산 특성을 가지는 음분산 광섬유는 영분산 파장이 1610nm ~ 1700nm 파장대역 내에 위치하므로, C-밴드 및 L-밴드 파장대역의 광신호 전송이 가능하다. 그러나, 음분산 광섬유는 수백 km 내외의 중, 단거리 전송에만 이용되고 있으며, S-밴드 또는 O-밴드 파장대역의 광신호에서는 분산값의 절대값이 커서 사용되지 못하는 실정이다.

<21> 상기와 같이, 광통신 망, 특히 파장분할 다중화 통신망의 발전이 지속되면서, 광대역/대용량 전송이 필수적으로 요구되고 있음에도 불구하고, 종래의 광섬유들은 영분산 파장의 위치 또는 분산값이 적절하게 조절되지 못하기 때문에 C-밴드 또는 L-밴드 파장대역의 광신호만 이용되고 있는 실정이다. 더욱이, 수백 km 내외의 중, 장거리 전송 망에서는 음분산 광섬유가 유용하고, 그 이상의 장거리 전송에는 양분산 광섬유가 이용되고 있다. 즉, 전송 거리에 따라 서로 다른 광섬유가 이용되어 광통신망을 구성함에 있어 비용이 이중적으로 소요되는 문제점이 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<22> 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명의 목적은 다양한 파장대역의 광신호를 전송할 수 있는 광대역 분산 제어 광섬유를 제공함에 있다.

<23> 본 발명의 다른 목적은 광신호 전송 거리와 무관하게 한 종류의 광섬유만으로 중, 단거리 뿐만 아니라 장거리 전송이 가능한 광대역 분산 제어 광섬유를 제공함에 있다.

- <24> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 광대역 분산 제어 광섬유에 있어서,
- <25> 차단파장이 1285nm 이하이고, 1285nm~1330nm의 파장 범위에서 분산값이 $-12 \sim -4$ ps/nm/km 이고, 1430nm 미만의 파장 영역에서 영분산 파장이 위치되며, 1625nm의 파장에서 분산값이 $8 \sim 14$ ps/nm/km이고, 1550nm의 파장에서 $75 \mu\text{m}^2$ 미만의 유효단면적을 나타내며, 파장 1550nm 및 파장 1625nm 간 손실값의 차가 0.03dB/km 이하인 광대역 분산 제어 광섬유를 개시한다.
- <26> 또한, 본 발명은 광대역 분산 제어 광섬유에 있어서,
- <27> 차단파장이 1285nm 이하이고, 1285nm~1330nm 의 파장 범위에서 분산값이 $-12 \sim -4$ ps/nm/km 이며, 1625nm 의 파장에서 분산값이 $8 \sim 14$ ps/nm/km 이며, 영분산 파장에서 분산기울기가 $0.074 \text{ps/nm}^2/\text{km}$ 이하인 광대역 분산 제어 광섬유를 개시한다.

【발명의 구성 및 작용】

- <28> 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- <29> 도 2는 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 광대역 분산 제어 광섬유(100)와 그의 굴절율 분포를 나타내는 그래프이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실

시 예에 따른 광대역 분산 제어 광섬유(100)는 내부 코어(101), 외부 코어(102), 내부 클래드(103) 및 외부 클래드(104)를 구비한다.

<30> 상기 내부 코어(101)는 굴절율이 n_1 으로 일정하고, 직경이 d_1 이다.

<31> 상기 외부 코어(102)는 상기 내부 코어(101)를 둘러싸며, 직경이 d_2 이고, 직경 d_1 으로부터 d_2 로 진행함에 따라 굴절율 $n_2(r)$ 가 n_1 으로부터 점차 감소한다.

<32> 상기 내부 클래드(103)는 상기 외부 코어(102)를 둘러싸며, 직경이 d_3 이고, 상기 굴절율 n_1 또는 $n_2(r)$ 보다 더 작은 굴절율 n_3 가 직경방향으로 일정하게 분포된다.

<33> 상기 외부 클래드(104)는 상기 내부 클래드(103)의 굴절율 n_3 보다 더 작은 굴절율 n_4 가 직경방향으로 일정하게 분포된다.

<34> 한편 도 2의 굴절율 분포도에서 점선으로 도시된 바와 같이, 상기 내부 코어(101)의 직경은 0이며, 상기 굴절율 n_1 이 상기 외부코어(102)의 중심에 첨예하게 분포할 수 있다.

<35> 상기 굴절율 $n_2(r)$ 는 하기 <수학식 1>에 따라 그 분포를 정의할 수 있다.

<36> **【수학식 1】**
$$n_2(r) = n_1 \left[1 - \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1} \right) \left(\frac{2r - d_1}{d_2 - d_1} \right)^{\alpha_{co}} \right]$$

<37> 여기서, 상기 r 은 상기 광대역 분산 제어 광섬유(101)의 중심으로부터 측정되고, $d_1 \leq 2r \leq d_2$ 인 값을 갖는 상기 외부 코어(102) 내 임의의 지점에서 그 반경을 나타내고, d_1 은 $0 \leq d_1 \leq d_2$ 인 내부 코어(101)의 직경을 나타내며, 상기 α_{co} 는 $0 < \alpha_{co} \leq \infty$ 인 값을 갖는 굴절율 분포 결정 계수이다.

<38> 또한, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)의 내부 코어(101), 외부 코어(102), 내부 클래드(103) 및 외부 클래드(104)에 분포되는 각각의 굴절율(n_1 내지 n_4)과 직경들(d_1 내지 d_3)은 다음의 <수학식 2>와 <수학식 3>으로 나타내지는 관계들을 만족한다.

<39>

$$0 \leq \frac{d_1}{d_2} \leq 0.8$$

$$0.1 \leq \frac{d_2}{d_3} \leq 0.5$$

【수학식 2】

<40>

$$0.0034 \leq \frac{n_1 - n_4}{n_1} \leq 0.007$$

$$0 \leq \frac{n_2 - n_4}{n_2} \leq 0.0048$$

$$0 \leq \frac{n_3 - n_4}{n_3} \leq 0.0014$$

【수학식 3】

<41> 상기와 같은 직경과 굴절율 분포를 가지는 광대역 분산 제어 광섬유(100)는, 상기 분산 제어 광섬유(100)를 구성하는 코어(101, 102)와 클래드(103, 104)들 간의 굴절율(n_1 내지 n_4)을 제어함으로써 차단파장은 1285nm 이하, 0-밴드 파장대역에서의 분산값은 $-12 \sim -4 \text{ ps/nm/km}$, 1625nm의 파장에서 분산값은 $8 \sim 14 \text{ ps/nm/km}$ 로 제어되었으며, 영분산 파장은 1430nm 미만의 파장영역에 위치되었다. 또한, 영분산 파장에서의 분산기울기는 $0.074 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 이하, 유효단면적은 $75 \mu\text{m}^2$ 이하로 제어되었다.

<42> 이하에서는, 상기와 같은 분산 제어 광섬유(100)에 대하여 더 상세하게 살펴보기로 한다.

<43> 우선, 1285nm ~ 1330nm 파장대역의 0-밴드 광신호 전송시, 상기 분산 제어 광섬유(100)는 음의 분산값을 가지므로, 수백 km 내외의 중, 단거리 전송에 적용하는 것이 바람직하다. 도 3은 음의 분산값에 따른 상대적인 전송거리를 나타내는 그래프이다. 도 3에 도시된 그래프는 1310nm의 파장에서 -8 ps/nm/km 의 분산값(101a)을 가지는 상기 분산

제어 광섬유(100)의 전송 가능거리를 1로 보았을 때, 다른 조건의 광섬유들이 가지는 상대적인 전송 거리를 비교하고 있다. 종래의 음분산 광섬유를 이용하여 C-밴드 파장대역의 광신호를 중, 단거리 전송하는 경우(17a)와, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)의 성능이 유사하게 나타난다. 상기한 종래의 음분산 광섬유는 1550nm의 파장에서 -6ps/nm/km 의 분산값을 갖는 조건(17a)하에서 중, 단거리 전송에 이용되는 경우를 예로 들었다. 한편, 종래의 1310nm의 파장에서 -16ps/nm/km 의 분산값을 갖는 대유효면적 광섬유(13a)는 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)의 전송거리에 비교하였을 때, 전송거리가 절반정도에 불과함을 알수 있다. 상기와 같은 측정 결과에 따라, O-밴드 파장대역에서 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)는 분산값을 $-12 \sim -4\text{ps/nm/km}$ 범위(20)로 제어함으로써 중, 단거리 전송에서 종래의 음분산 광섬유와 유사한 성능을 얻게 되었다. 또한, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)의 분산값은 $-9 \sim -6\text{ps/nm/km}$ 범위에서 O-밴드 파장대역의 광신호 전송에 더 적절한 성능을 나타내었다.

<44> 따라서, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)는 O-밴드 파장대역의 광신호를 이용하여 중, 단거리 전송에 적용하는 것이 가능함을 알수 있다.

<45> 다음으로, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)를 이용하여 1460nm ~ 1530nm 파장대역의 S-밴드 광신호를 전송하는 조건을 살펴보기로 한다. 도 1에 도시된 종래의 파장분할 다중화 방식 통신망에 이용되는 양분산 광섬유(13, 15)의 특성을 살펴보면, 영분산 파장이 S-밴드 파장대역에 위치됨을 알수 있다. 따라서, 종래의 양분산 광섬유(13, 15)를 통해 S-밴드 파장대역의 광신호를 전송하게 되면, 사광파 혼합에 의한 신호 왜곡 등 신호 품질이 급격히 저하되었다. 이에, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)는 코어(101, 102)와 클래드(103, 104)의 굴절율을 조절함으로써 영분산 파장을 1430nm 미만의 파장영

역에 위치하도록 제어하여, S-밴드 파장대역의 광신호를 전송하는 것이 가능하게 되었다.

<46> 다음으로, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)가 1530nm ~ 1565nm 파장대역의 C-밴드 광신호와 1570nm ~ 1605nm 파장대역의 L-밴드 광신호의 장거리 전송에 적용되었을 때 나타나는 특성을 살펴보기로 한다. 파장분할 다중화 방식의 광통신망에서는 장거리 전송을 위하여, 라만 증폭 방식이 적용된다. 라만 증폭은 광전송로 상에 펌핑광을 입사시켜 펌핑광과 광신호의 상호 작용에 의해 광신호의 세기를 증폭하는 방법이다. 라만 증폭은 펌핑광의 파장대역(64)으로부터 약 100nm 장파장, 즉 13.3THz 만큼의 주파수가 증가한 측으로 이동한 파장대역(68)에서 광신호의 최대 증폭이 얻어진다. 도 4에 도시된 바에 따르면, 1430nm 파장의 펌핑광(62)이 입사되었을 때, 1530nm 파장의 광신호(66)에서 최대 증폭(60)이 얻어지고 있다. C-밴드 파장대역(68)의 광신호를 증폭하기 위해서는, 1430nm ~ 1465nm 파장대역(64)의 펌핑광을 일정간격으로 입사시키게 되며, 증폭된 광신호는 1530nm ~ 1565nm 파장대역에서 도 4에 도시된 라만 이득 곡선이 중첩된 형태로 출력된다.

<47> 한편, 상기와 같은 C-밴드 파장대역(68)의 광신호를 증폭시키기 위한 펌핑광의 파장대역(64) 내에 영분산 파장이 위치하게 되면, 펌핑광에 의한 사광과 혼합 현상 때문에 신호 품질이 저하된다. 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)는 코어(101, 102)와 클래드(103, 104)의 굴절율을 조정함으로써, 영분산 파장이 1430nm 이하의 파장대역에 위치하게 된다. 따라서, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)는 장거리 전송 시 C-밴드 파장대역 광신호의 라만 증폭이 가능하게 된 것이다. 이때, L-밴드 파장대역 광신호의 라만 증폭을 위한 펌핑광이 1470nm ~ 1505nm의 파장대역을 이용하게 되므로, 상기 광대역 분산

제어 광섬유(100)는 1430nm 미만의 파장대역에 영분산 파장이 위치하도록 제어한 것이다

<48> 또한, 파장분할 다중화 통신 방식을 이용한 장거리 전송에서는 분산 비용을 줄이기 위하여, 전송하고자 하는 파장대역에서 분산값을 낮춰야 한다. 특히, 광신호의 파장이 장파장으로 갈수록 분산값은 커지므로, L-밴드 파장대역에서의 분산값을 낮게 제어하여야 한다.

<49> 1625nm의 파장에서 분산값이 8 ~ 14ps/nm/km 범위로 제어되었을 때, L-밴드 파장대역의 광신호를 이용한 장거리 전송시 분산 비용을 절감하기에 용이하다. 도 5는 1625nm의 파장에서 분산값이 8 ~ 14ps/nm/km 범위에 있을 경우, 영분산 파장과 영분산 파장에서의 분산기울기의 관계를 나타낸 것이다. 도 5에서 참조번호 71은 1625nm의 파장에서 분산값이 12.5ps/nm/km 이하로 제어된 경우, 참조번호 72는 1625nm의 파장에서 분산값이 12.5 ~ 13ps/nm/km의 범위에 있는 경우, 참조번호 73은 1625nm의 파장에서 분산값이 13 ~ 13.5ps/nm/km의 범위에 있는 경우를 각각 나타낸다. 도 5에 도시된 바와 같이, 영분산 파장에서의 분산기울기가 낮을 수록 1625nm에서의 분산값이 낮아지며, L-밴드 파장대역의 광신호를 이용한 장거리 전송에도 유리하게 된다.

<50> 상기와 같은 측정결과에 따라, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)는 영분산 파장에서의 분산기울기를 0.074ps/nm²/km 이하로 제어하고 영분산 파장을 1430nm 이하의 파장영역에 위치시켜, L-밴드 파장대역보다 장파장인 1625nm의 파장에서 분산값을 14ps/nm/km 이하로 제어할 수 있게 되었다. 상기와 같이 1625nm의 파장에서 분산값이 일정 범위 이내로 제어됨으로써, L-밴드 파장대역의 장거리 전송이 가능하게 되었다. 이는

상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)의 굴절을 분포를 상기 <수학식 2>, <수학식 3>에 따라 설정함으로써 가능하게 된 것이다.

<51> 또한, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)의 유효단면적은 $75\mu\text{m}^2$ 이하로 제어하여 라만 이득 효율을 확보하게 된다. 라만 이득 효율은 하기 <수학식 4>에 의해 정의된다.

<52>

$$\text{【수학식 4】} \quad G \propto \frac{g}{A_{\text{eff}}} P_{\text{pump}} L_{\text{eff}}$$

<53> 여기서, G는 라만 이득 효율, g는 라만 이득 계수, A_{eff} 는 유효 단면적, P_{pump} 는 펌핑광의 출력, L_{eff} 는 유효 거리를 각각 나타낸다.

<54> 또한, 도 6을 참조하면, 유효단면적과 라만 이득 효율 사이의 관계를 알수 있다. 참조번호 81은 유효단면적이 $80\mu\text{m}^2$, 참조번호 82는 유효단면적이 $70\mu\text{m}^2$, 참조번호 83은 유효단면적이 $60\mu\text{m}^2$ 인 경우, 라만 이득 효율을 각각 나타낸다. <수학식 4>와 도 6을 통해 나타낸 바와 같이, 유효단면적이 작을 수록 라만 이득 효율은 향상됨을 알수 있다.

<55> 도 7은 상기 광대역 분산 제어 광섬유의 MCR 값과 구부림 손실 사이의 관계를 나타내는 그래프이다. MCR 값이란, 모드필드 직경과 차단파장의 비를 나타내는 값으로서, 일정 정도 이상의 MCR 값에서 구부림 손실이 급격하게 증가함을 알수 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, MCR 값이 일정 정도 이상이 되면 1550nm 파장에서의 구부림 손실(91)에 비해, 1625nm 파장에서의 구부림 손실(92)이 급격하게 증가함을 알수 있다. 따라서, 상기 분산 제어 광섬유(100)의 구부림 손실을 방지하기 위하여 MCR 값은 일정 수준 이내로 제어함이 바람직하다.

<56> 도 8은 MCR 값이 일정 수준 이내로 제어된 분산 제어 광섬유의 파장대역별 광손실을 나타내는 그래프이다. 상기과 같이 MCR 값이 제어된 광섬유는 1550nm 파

장에서의 광손실(121)은 대략 0.196dB/km이고, 1625nm 파장에서의 광손실(122)이 0.208 dB/km로 나타난다. 한편, 장거리 전송에서 파장에 따른 광손실의 편차가 커지면 보상, 증폭 등 신호 품질 유지를 위한 장치들을 파장대역별로 각각 설치하여야 하므로 비용이 증가한다. 따라서, 상기 광대역 분산 제어 광섬유(100)는 MCR 값을 제어하여 파장에 따른 광손실의 편차가 0.03dB/km 이내로 제한되어 장거리 전송에 유리하다.

<57> 하기 <표 1>은 상기와 같은 특성들을 반영시켜 제작된 광섬유의 분산값을 나타낸다.

<58> 【표 1】

파 장 (nm)	1310	1285 ~ 1330	1430	1625
분산값(ps/nm/km)	-8.1	-11.1 ~ -6.4	0.9	12.8

<59> 상기 <표 1>에 나타난 바와 같이, 1430nm 파장에서의 분산값은 0.9ps/nm/km이므로, 영분산 파장은 1430nm 미만의 파장영역에 위치하게 된다. 상기 분산 제어 광섬유의 영분산 파장은 1417.3nm로 측정되었다.

<60> 상기 <표 1>과 같은 분산값을 가지는 상기 분산 제어 광섬유의 특성은 하기 <표 2>와 같이 측정되었다.

<61> 【표 2】

구 분	모트펠트경	유효단면적	손실	
파 장	1625nm	1625 μ m	1550nm	1625nm
측 정 치	9.92 μ m	73 μ m ²	0.196dB/km	0.208dB/km

<62> 이상, 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해서 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명하다 할 것이다.

【발명의 효과】

<63> 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 광대역 분산 제어 광섬유는 영분산 파장의 위치를 제어하여 파장분할 다중화 방식의 통신망에서 다양한 파장대역의 광신호를 이용할 수 있게 되었으며, 분산기울기와 구부림 손실을 제어함으로써 장거리 전송이 가능하게 되었다. 또한, 0-밴드 파장대역에서는 음의 분산값으로, C-밴드와 L-밴드 파장대역에서는 편차가 작은 양의 분산값으로 각각 제어함으로써, 한 종류의 광섬유로 중, 단거리 전송뿐만 아니라, 장거리 전송까지 가능한 장점이 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

광대역 분산 제어 광섬유에 있어서,

차단파장이 1285nm 이하이고, 1285nm~1330nm의 파장 범위에서 분산값이 $-12 \sim -4$ ps/nm/km 이고, 1430nm 미만의 파장 영역에서 영분산 파장이 위치되며, 1625nm의 파장에서 분산값이 $8 \sim 14$ ps/nm/km이고, 1550nm의 파장에서 $75\mu\text{m}^2$ 미만의 유효단면적을 나타내며, 파장 1550nm 및 파장 1625nm 간 손실값의 차가 0.03dB/km 이하임을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 2】

제1 항에 있어서, 상기 광대역 분산 제어 광섬유는,

직경이 d_1 , 굴절율이 n_1 인 내부 코어;

상기 내부 코어를 둘러싸고, 직경이 d_2 이며, 굴절율 n_2 가 상기 분산 제어 광섬유의 중심으로부터 멀어질수록 상기 내부 코어의 굴절율 n_1 으로부터 점차 감소하는 외부 코어 ;

상기 외부 코어를 둘러싸고, 직경이 d_3 , 굴절율이 n_3 인 내부 클래드; 및

상기 내부 클래드를 둘러싸고, 굴절율이 n_4 인 외부 클래드를 구비하고;

상기 직경들은 $0 \leq d_1/d_2 \leq 0.8$, $0.1 \leq d_2/d_3 \leq 0.5$ 인 관계를 만족함과 동시에,

상기 굴절율들은 $n_1 > n_2 \geq n_3 \geq n_4$, $0.0034 \leq (n_1 - n_4)/n_1 \leq 0.007$, $0 \leq (n_2 - n_4)/n_2 \leq 0.0048$, $0 \leq (n_3 - n_4)/n_3 \leq 0.0014$ 인 관계를 만족함을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 3】

제1 항에 있어서,

상기 분산 제어 광섬유는 영분산 파장에서의 분산기울기가 $0.074 \text{ps/nm}^2/\text{km}$ 이하임을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 4】

제1 항에 있어서,

상기 분산 제어 광섬유는 1310nm 파장에서 분산값이 -9ps/nm/km 이상임을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 5】

제1 항에 있어서,

상기 분산 제어 광섬유는 1625nm 의 파장에서 손실이 0.25dB/km 이하임을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 6】

제1 항에 있어서,

상기 분산 제어 광섬유는 1550nm 에서 직경이 60mm 인 롤러에 100회 권선되었을 때의 구부림 손실이 0.05dB 이하임을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 7】

광대역 분산 제어 광섬유에 있어서,

차단파장이 1285nm 이하이고, 1285nm~1330nm 의 파장 범위에서 분산값이 $-12 \sim -4$ ps/nm/km 이며, 1625nm 의 파장에서 분산값이 $8 \sim 14$ ps/nm/km 이며, 영분산 파장에서 분산기울기가 $0.074 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 이하임을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 8】

제7 항에 있어서,

상기 분산 제어 광섬유의 영분산 파장은 1430nm 미만의 파장 영역에 위치함을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 9】

제7 항에 있어서,

상기 분산 제어 광섬유의 1550nm의 파장에서 유효단면적은 $75\mu\text{m}^2$ 미만임을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 10】

제7 항에 있어서,

상기 분산 제어 광섬유는 1310nm 의 파장에서 분산값이 $-6\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 이하이며, 1625 nm 의 파장에서 분산값이 $14\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 임을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 11】

제7 항에 있어서,

상기 분산 제어 광섬유는 1550nm 에서 직경이 60mm 인 롤러에 100회 권선되었을 때의 구부림 손실이 0.05dB 이하임을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광섬유.

【청구항 12】

제7 항에 있어서, 상기 분산 제어 광섬유는,

직경이 d_1 , 굴절율이 n_1 인 내부 코어;

상기 내부 코어를 둘러싸고, 직경이 d_2 이며, 굴절율 n_2 가 상기 분산 제어 광섬유의 중심으로부터 멀어질수록 상기 내부 코어의 굴절율 n_1 으로부터 점차 감소하는 외부 코어;

상기 외부 코어를 둘러싸고, 직경이 d_3 , 굴절율이 n_3 인 내부 클래드; 및

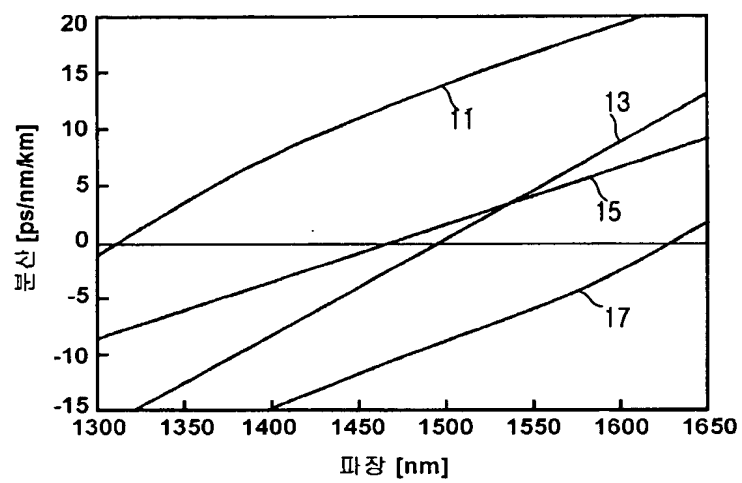
상기 내부 클래드를 둘러싸고, 굴절율이 n_4 인 외부 클래드를 구비하고;

$0 \leq d_1/d_2 \leq 0.8$, $0.1 \leq d_2/d_3 \leq 0.5$ 인 관계를 만족함과 동시에,

상기 굴절율들은 $n_1 > n_2 \geq n_3 \geq n_4$, $0.0034 \leq (n_1 - n_4)/n_1 \leq 0.007$, $0 \leq (n_2 - n_4)/n_2 \leq 0.0048$, $0 \leq (n_3 - n_4)/n_3 \leq 0.0014$ 인 관계를 만족함을 특징으로 하는 광대역 분산 제어 광 섬유.

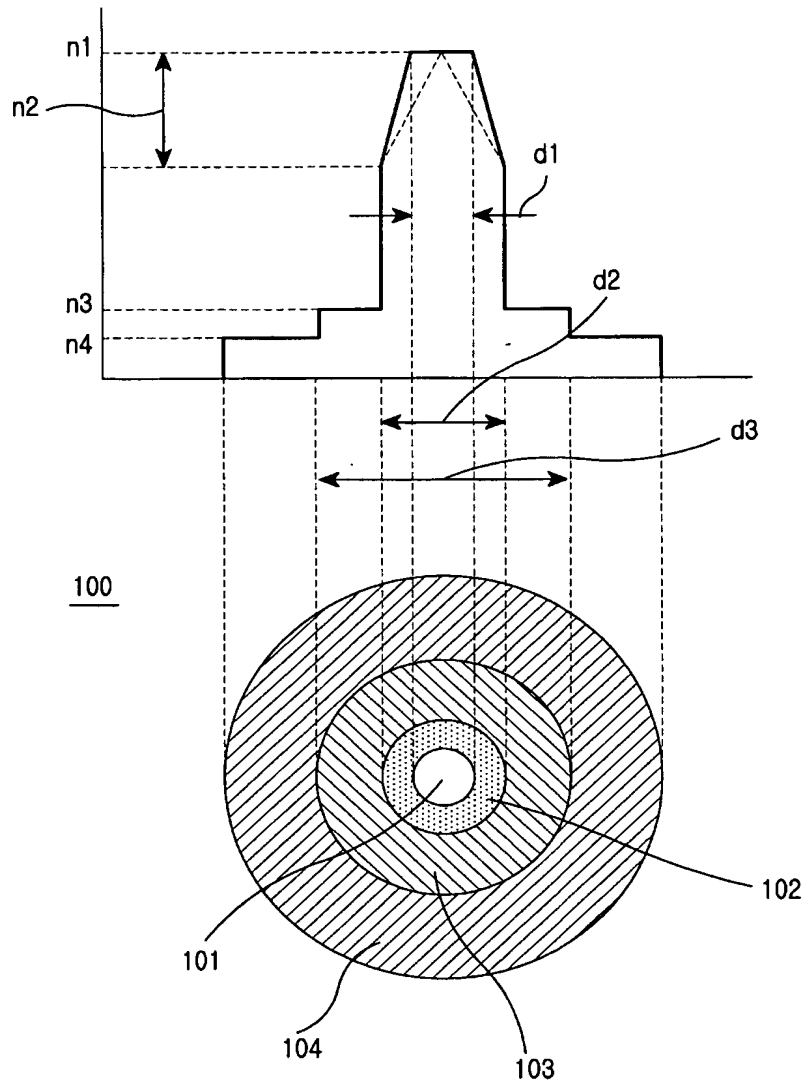
【도면】

【도 1】

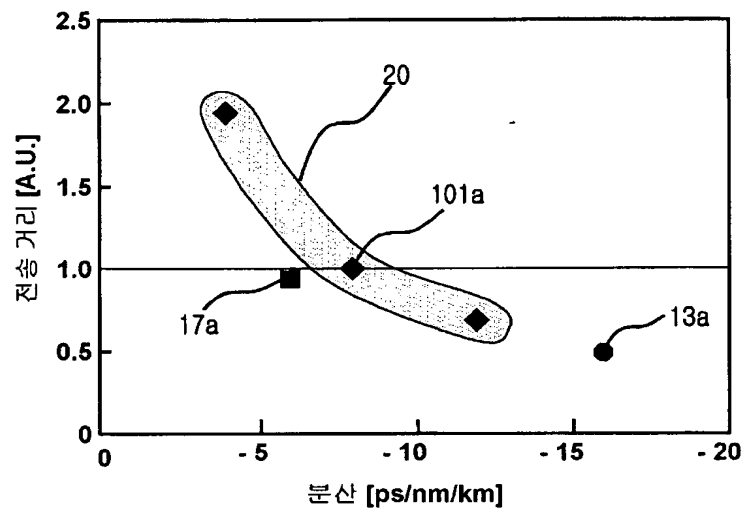


【도 2】

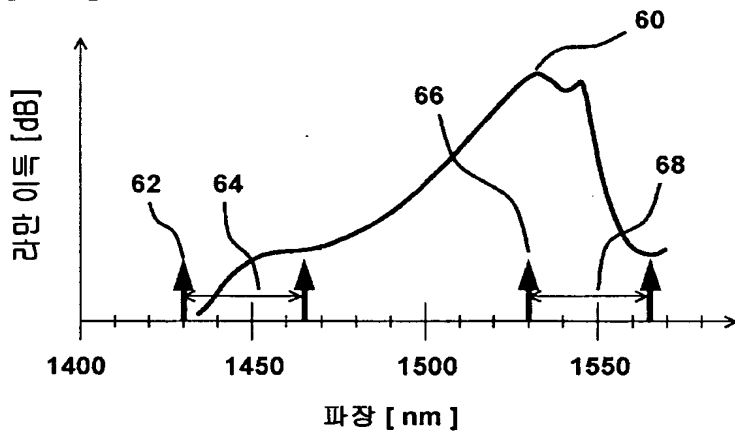
굴절율(n_X)



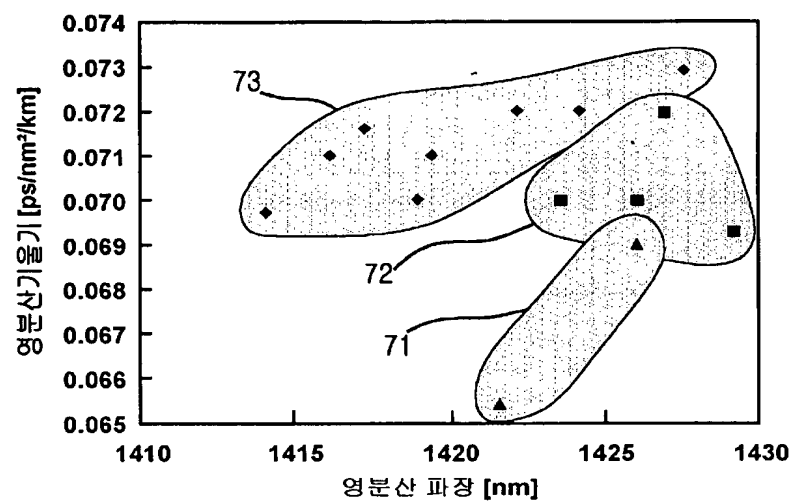
【도 3】



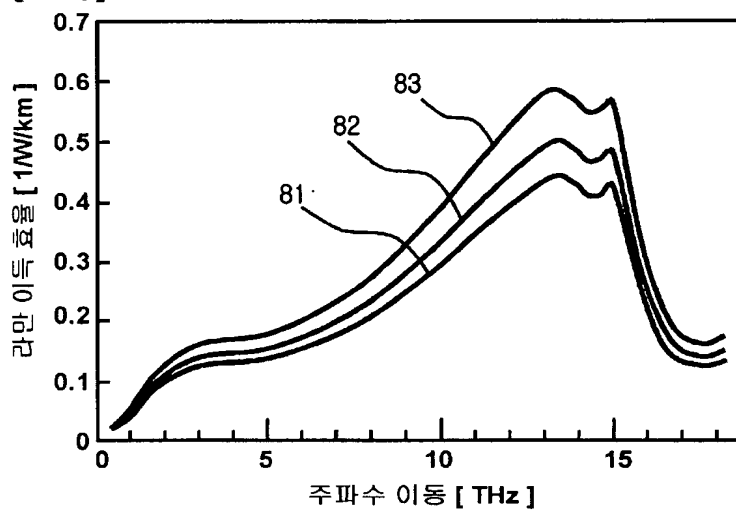
【도 4】



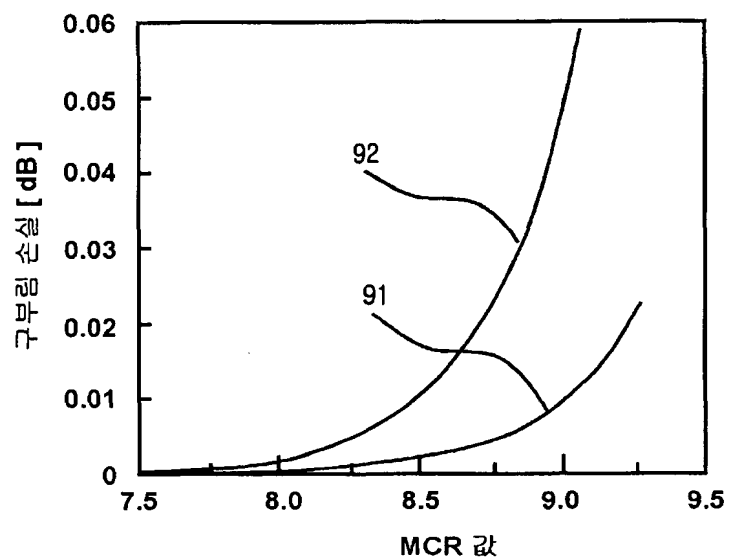
【도 5】



【도 6】



【도 7】



【도 8】

